

# MERCURY (II) EQUILIBRIUM ADSORPTION STUDY ON IMMOBILIZED WATER HYACINTH (*Eichhornia crassipes*) LEAF BIOMASS ON POLYSILICA MATRIX

Himmatul Barroroh, Susi N.K., Diana C.D.

Chemistry Department of Science and Technology Faculty of  
State Islamic University (UIN) Malang

## ABSTRACT

Binding metal ion by biomass has a weakness that is easily degrade by microbe, therefore it was necessary to immobilize biomass plant on a matrix. This research was focused to study mercury (II) equilibrium adsorption on immobilized water hyacinth leaf biomass at polysilica matrix and matrix interaction with biomass.

The interaction of polysilica matrix with biomass leaf of water hyacinth was determined by using FTIR. The determination of adsorption capacity, adsorption constant and energy of adsorption mercury (II) has done by interact of 25 ml  $\text{Hg}^{2+}$  aqueous solutions with concentration, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 and 150 mg/L on optimum pH during 60 minute with biomass. The result of experiment data then was processed by using adsorption isothermic equation of Langmuir and Freundlich.

The result of research shows that there were two possibilities interaction between polisilikat matrix with biomass leaf of water hyacinth. First, that biomass leaf of water hyacinth was trapped into polysilica matrix, this is the most dominant interaction, and second, that the interaction was happened between active site Si-OH with group of  $\text{NH}_2$  and  $\text{COOH}$ . This is based on the loss of absorption spectra of Si-OH at wave number of  $3601,82\text{ cm}^{-1}$ ,  $3503,45\text{ cm}^{-1}$ ,  $3410,68\text{ cm}^{-1}$ . Adsorption Isothermic of mercury (II) on biomass leaf of water hyacinth (*Eichhornia Crassipes*) which diimmobilization at polysilica matrix followed isothermic equation of Langmuir with  $R^2$  value = 0,982, but the active site of interaction is heterogenous, with adsorption capacities ( $X_m$ ) of  $4,649 \times 10^{-5}\text{ mol/g}$ , adsorption constant of (K) 11334,796 mol/L and energy adsorption (E) equal to 23,28585 kJ/mol.

Keywords: mercury (II), water hyacinth (*Eichhornia crassipes*), immobilization, polysilica matrix.

**STUDI KESEIMBANGAN ADSORPSI MERKURI(II)  
PADA BIOMASSA DAUN ENCENG GONDOK (*Eichhornia crassipes*) YANG  
DIIMMOBILISASI PADA MATRIKS POLISILIKAT**

Himmatul Barroroh, Susi N. K., Diana C.D.

Jurusan Kimia, Fakultas Sains dan Teknologi  
Universitas Islam Negeri (UIN) Malang

**ABSTRAK**

Pengikatan ion logam oleh biomassa mempunyai kelemahan yaitu mudah terdegradasi oleh mikroba, maka dilakukan immobilisasi biomassa tumbuhan pada suatu matriks. Penelitian ini difokuskan pada studi keseimbangan adsorpsi merkuri(II) pada biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat dan interaksi matriks dengan biomassa.

Interaksi matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok ditentukan dengan menggunakan FTIR. Penentuan kapasitas adsorpsi, konstanta adsorpsi dan energi adsorpsi merkuri(II) dilakukan dengan cara menginteraksikan 25 ml larutan  $\text{Hg}^{2+}$  dengan konsentrasi, 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dan 150 mg/L pada pH optimum selama 60 menit dengan biomassa terimmobilisasi. Data hasil percobaan kemudian diujikan terhadap persamaan isoterms adsorpsi Langmuir dan Freundlich

Hasil penelitian menunjukkan bahwa terdapat dua kemungkinan jenis interaksi antara matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok. Pertama, biomassa daun enceng gondok terjebak dalam matriks polisilikat, ini adalah interaksi yang paling dominan, kedua, interaksi terjadi antara situs aktif Si-OH dengan gugus  $\text{NH}_2$  dan  $\text{COOH}$ . Hal ini didasarkan dengan hilangnya spektra serapan Si-OH pada bilangan gelombang  $3601,82\text{ cm}^{-1}$ ,  $3503,45\text{ cm}^{-1}$ ,  $3410,68\text{ cm}^{-1}$ . Isoterms adsorpsi merkuri(II) pada biomassa daun enceng gondok (*Eichhornia crassipes*) yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat mengikuti persamaan isoterms Langmuir dengan nilai  $R^2 = 0,982$ , akan tetapi memiliki jenis situs aktif yang heterogen, dengan kapasitas adsorpsi ( $X_m$ ) sebesar  $4,649 \times 10^{-5}\text{ mol/g}$ , konstanta adsorpsi (K)  $11334,79\text{ mol/L}$  dan energi adsorpsi (E) sebesar  $23,28\text{ kJ/mol}$ .

Kata kunci: merkuri(II), enceng gondok (*Eichhornia crassipes*), immobilisasi, matriks polisilikat.

## PENDAHULUAN

Metode adsorpsi menggunakan biomassa merupakan metode alternative yang diharapkan cukup efektif dalam mengikat ion logam berat, baik anionik maupun kationik, bahkan pada konsentrasi ion logam yang sangat rendah. Selain itu, biomassa merupakan bahan yang dapat diregenerasi dan bersifat *biodegradable*, sehingga bersifat ramah lingkungan.

Menurut Gardea Toresdey (1997), pengikatan ion logam pada biomassa diduga dilakukan oleh gugus-gugus aktif yang terdapat pada protein, hal itu dibuktikan oleh kemampuan biomassa alfalfa mengadsorpsi sejumlah ion logam seperti Cu(II), Ni(II), Cd(II), Hg(II), Sn(II) dan Zn(II) dalam media air. Biomassa enceng gondok memiliki kandungan protein, dengan analisa kandungan N total dalam enceng gondok segar sebesar 0,28 %, bahan organik 36,59%, C organik 21,23%, P total 0,0011%, K total 0,016% (Hernowo, 1999). Disamping itu polisakarida diduga juga memegang peranan yang penting dalam proses biosorpsi ion logam berat (Suhendrayatna, 2004).

Widyanto dan Susilo dalam Hasyim (2007), melaporkan bahwa dalam waktu 24 jam enceng gondok hidup mampu menyerap logam Cd, Hg dan Ni sebesar 1,35 g/g, 1,77 g/g, 1,16 g/g bila logam tersebut tak bercampur. Enceng gondok juga menyerap Cd 1,23 g/g, Hg 1,88 g/g dan Ni 0,35 g/g berat kering apabila logam-logam itu bercampur dengan logam lain. Al-Ayubi (2008) melaporkan bahwa pH optimum adsorpsi  $\text{Hg}^{2+}$  oleh biomassa daun enceng gondok adalah 6. Variasi pH berpengaruh terhadap deprotonasi gugus-gugus aktif pada biomassa daun enceng gondok sehingga pada pH yang berbeda gugus aktif biomassa tampaknya membentuk spesiasi yang berbeda. Diduga pada pH 2 gugus aktif pada biomassa belum terdeprotonasi dan interaksi yang terjadi adalah pemerangkapan, pada pH 3 dan 4 tidak terjadi peningkatan karena pada pH ini diperkirakan situs aktif pada biomassa belum terdeprotonasi sempurna. Pada pH 4 hingga 6 terjadi peningkatan adsorpsi karena pada rentang pH ini sudah banyak situs aktif yang terdeprotonasi, pada pH di atas 6 adsorpsi merkuri berkurang karena keadaan merkuri telah mengendap menjadi  $\text{HgO}$ . Isotermis adsorpsi merkuri(II) pada biomassa daun enceng gondok mengikuti persamaan isotermis Langmuir, dengan konstanta keseimbangan adsorpsi (K) 27130,85 L/mol, kapasitas adsorpsi ( $X_m$ ) sebesar  $4,806 \times 10^{-5}$  mol/gr, dan energi adsorpsi (E) sebesar 25,46079 kJ/mol.

Pengikatan ion logam oleh biomassa mempunyai kelemahan yaitu mudah terdegradasi oleh mikroba lain dan penyerapannya kurang optimal. Untuk mengatasi masalah-masalah yang ada, maka dilakukan immobilisasi biomassa tumbuhan dengan menggunakan suatu matriks. Penelitian ini mempelajari keseimbangan adsorpsi  $\text{Hg}^{2+}$  oleh biomassa enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat serta interaksi matriks terhadap biomassa enceng gondok.

## METODE PENELITIAN

### Persiapan Biomassa Daun Enceng Gondok

Tanaman enceng gondok yang diperoleh dipisahkan dari tanahnya dan dicuci. Bagian daun dipisahkan dari akar dan batangnya. Daun enceng gondok dikeringkan pada oven dengan suhu 90 °C hingga diperoleh berat konstan. Sampel yang telah kering kemudian ditumbuk sampai halus dan kemudian disaring dengan ayakan berukuran 120 mesh, kemudian sampel yang lolos disaring kembali dengan ayakan ukuran 150 mesh. Sampel yang digunakan adalah sampel yang tertinggal pada ayakan yang berukuran 150 mesh. Sampel dicuci dengan HCl 0,01 M untuk melarutkan logam-logam, kemudian dicuci dengan aquades hingga netral. Sampel dikeringkan dengan oven pada suhu 50 – 60 °C sampai diperoleh berat konstan.

### **Identifikasi Situs Aktif Matriks Polisilikat Sebelum Diinteraksikan Dengan Biomassa Daun Enceng Gondok**

Sejumlah sampel dari matriks polisilikat (75 mL asam sulfat 5 % dicampur dengan larutan natrium silikat 6 % sampai pH menjadi 7) di oven pada suhu 60 ° C selama 4 jam (hingga terbentuk kristal). Kemudian kristal dibuat dalam bentuk pellet KBr. Pellet dibuat dengan penghalusan bersama 1 mg sampel dengan 30 mg KBr kering dan diberi tekanan sekitar 1 menit dalam kondisi hampa. Sampel dalam pellet kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer inframerah.

### **Immobilisasi Biomassa pada Polisilikat (Gardea-Torresdey *et.al.*, 1998)**

Sebanyak 75 mL asam sulfat 5 % dicampur dengan larutan natrium silikat 6 % secukupnya untuk menaikkan pH menjadi 2,0. Pada pH 2,0 ditambahkan 5 g biomassa ke dalam larutan silikat, kemudian diaduk dengan pengaduk magnet selama 15 menit. Selanjutnya, pH larutan dinaikkan dengan menambahkan larutan natrium silikat 6 % sedikit demi sedikit sampai mencapai pH 7,0 dan terbentuk gel. Gel polimer dicuci dengan akuades sampai filtrat tidak membentuk endapan ketika ditetesi dengan larutan barium klorida. Gel polimer dengan biomassa yang telah terimmobilisasi dikeringkan dalam oven pada suhu 60 °C, kemudian ditumbuk dan diayak untuk memperoleh ukuran partikel 20-34 mesh.

### **Identifikasi Situs Aktif Matriks Polisilikat Sesudah Diinteraksikan Dengan Biomassa Daun Enceng Gondok**

Sejumlah sampel biomassa yang telah diimmobilisasi matriks polisilikat dibuat dalam bentuk pellet KBr. Pellet dibuat dengan penghalusan bersama 1 mg sample dengan 30 mg KBr kering dan diberi tekanan sekitar 1 menit dalam kondisi hampa. Sampel dalam pellet kemudian dikarakterisasi dengan spektrofotometer inframerah.

### **Penentuan Kapasitas Adsorpsi, Konstanta Adsorpsi dan Energi Adsorpsi Merkuri(II) oleh Biomassa Daun Enceng Gondok Terimmobilisasi.**

Sebanyak 0,1 gam enceng gondok yang telah terimmobilisasi pada matriks polisilikat dimasukkan ke dalam erlemeyer 100 ml. Kemudian ditambahkan 25 ml larutan merkuri(II) dengan variasi konsentrasi 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 dan 150 mg/L dengan pH optimum (pH 6) dan dikocok menggunakan shaker selama 60 menit dengan kecepatan 60 rpm pada suhu 27 °C, kemudian supernatan yang dihasilkan disaring dengan kertas saring dan dianalisis konsentrasi merkuri sisa dengan menggunakan Spektroskopi Serapan Atom (AAS).

### **Analisis Data**

#### **Penentuan Konsentrasi Merkuri dengan Kurva Standar**

Data konsentrasi merkuri teradsorpsi diperoleh melalui pengurangan konsentrasi awal dengan konsentrasi sisa, dimana konsentrasi sisa dari tiap-tiap perlakuan didapatkan dengan menggunakan spektroskopi serapan atom (AAS). Data absorbansi yang didapatkan ditentukan nilai konsentrasinya dengan membuat kurva standar antara absorbansi versus konsentrasi yaitu 0,5; 1; 50; dan 150.

#### **Penentuan Analisis Spektroskopi Inframerah**

Hasil pengujian gugus fungsi dibandingkan antara senyawa polisilikat sebelum diinteraksikan dengan biomassa dan sesudah diinteraksikan dengan biomassa. Sehingga, dapat diketahui interaksi antara matriks polisilikat dengan biomassa dari perubahan-perubahan gugus fungsi pada kedua spektra.

## **Perhitungan Kapasitas Adsorpsi, Konstanta Adsorpsi dan Energi Adsorpsi Merkuri(II) oleh Biomassa Daun Enceng Gondok**

Isotermis adsorpsi merkuri(II) pada biomassa enceng gondok diujikan pada model isotermis adsorpsi Langmuir dan Freundlich.

### **Isotermis Adsorpsi Langmuir**

$$Q_e = \frac{X_m K C_e}{(1 + K C_e)}$$

Dimana:

$Q_e$  = Banyaknya merkuri yang terserap per satuan berat biomassa (mg/g)

$C_e$  = Konsentrasi merkuri pada saat keseimbangan (mg/L)

$X_m$  = Kapasitas adsorpsi maksimum (mol/g)

$K$  = Konstanta Langmuir atau intensitas adsorpsi (L/mol)

Persamaan di atas dapat disusun secara linear menjadi:

$$\frac{C_e}{Q_e} = \frac{1}{X_m K} + \frac{C_e}{X_m}$$

Energi dihitung dengan rumus  $E_{ads} = RT \ln K$ .

### **Isotermis Adsorpsi Freundlich**

$$Q_e = K_f \cdot C_e^{\frac{1}{n}}$$

Dimana:

$Q_e$  = Banyaknya merkuri yang terserap per satuan berat biomassa (mg/g)

$C_e$  = Konsentrasi merkuri pada saat keseimbangan (mg/L)

$1/n$  = Konstanta adsorpsi Freundlich atau intensitas adsorpsi (L/mol)

$K_f$  = Kapasitas adsorpsi (mol/g)

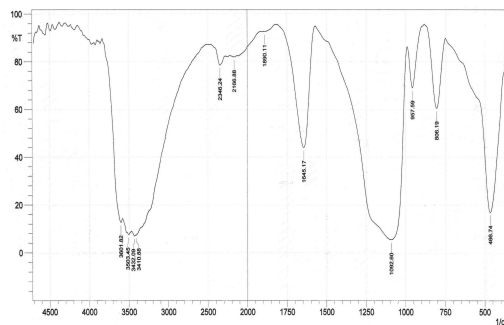
Bentuk liniernya adalah:

$$\log Q_e = \log K_f + \frac{1}{n} \log C_e$$

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

### **Karakterisasi Spektra FTIR Matriks Polisilikat**

Matriks polisilikat dibuat dari natrium metasilikat ( $\text{Na}_2\text{SiO}_3$ ) 6% yang direaksikan dengan asam sulfat 5% yang menghasilkan asam monosilikat yang selanjutnya mengalami polimerisasi membentuk gel polisilikat.

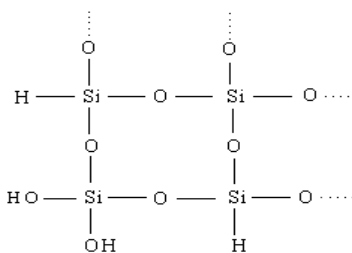


**Gambar 1. Spektra Inframerah Matriks Polisilikat**

Berdasarkan spektra FTIR pada Gambar 1, maka pada matriks polisilikat terdapat pita serapan pada bilangan gelombang  $3601,82\text{ cm}^{-1}$ ,  $3503,45\text{ cm}^{-1}$ ,  $3432,09\text{ cm}^{-1}$ ,  $3410,88\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur O-H dari Si-OH, Banyaknya muncul serapan yang menunjukkan adanya ikatan Si-OH, menandakan bahwa gugus Si-OH banyak terdapat pada matriks polisilikat.

Pita serapan kuat pada bilangan gelombang  $1645,17\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi tekuk ikatan molekul  $\text{H}_2\text{O}$ . Pita serapan pada bilangan gelombang  $806,19\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan vibrasi ulur dari Si-H, dan diperkuat dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang  $957,59\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur Si-H. Pita serapan pada bilangan gelombang  $1092,60\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur asimetris dari Si-O-Si, diperkuat dengan munculnya pita serapan pada bilangan gelombang  $466,74\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan vibrasi ulur dari Si-O.

Munculnya serapan pada bilangan gelombang  $957,59\text{ cm}^{-1}$  dan  $806,19\text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan adanya vibrasi ulur dari Si-H, diperkirakan karena dalam pembuatan matriks polisilikat mengalami reaksi yang kurang sempurna.

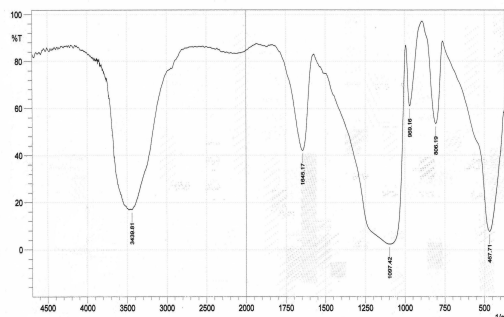


**Gambar 2. Struktur Dugaan Matriks Polisilikat Hasil Percobaan**

Pita serapan lemah pada bilangan gelombang  $2346,24\text{ cm}^{-1}$ ,  $2166,88\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1890,11\text{ cm}^{-1}$  menunjukkan pita atmosfer dari karbon dioksida yang biasanya terjadi pada instrumen *double beam*.

### **Karakterisasi Spektra FTIR Adsorben Enceng Gondok yang Diimmobilisasi Pada Matriks Polisilikat**

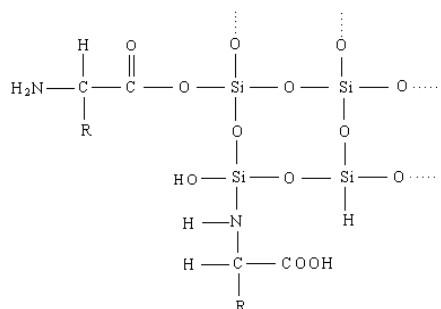
Spektra FTIR adsorben daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat sepintas tidak memberikan puncak-puncak serapan yang berbeda dengan spektra FTIR matriks polisilikat. Hal ini dapat dilihat pada Gambar 3.



**Gambar 3. Spektra Inframerah Daun Enceng Gondok yang Diimmobilisasi pada Matriks Polisilikat**

Spektra FTIR adsorben daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat selain memberikan puncak serapan seperti halnya pada spektra FTIR matriks polisilikat, juga memperlihatkan adanya pengurangan puncak serapan, hal ini dapat dilihat pada spektra matriks polisilikat serapan  $2346,24\text{ cm}^{-1}$ ,  $2166,88\text{ cm}^{-1}$ , dan  $1890,11\text{ cm}^{-1}$ , serapan ini tidak muncul pada spektra adsorben daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat. Pengurangan puncak serapan pada bilangan gelombang tersebut, diduga dikarenakan rongga-rongga atmosfer dari karbon dioksida terisi oleh biomassa daun enceng gondok yang terjebak dalam matriks polisilikat.

Pita serapan pada  $3601,82\text{ cm}^{-1}$ ,  $3503,45\text{ cm}^{-1}$ , dan  $3410,88\text{ cm}^{-1}$  tidak muncul kembali pada adsorben biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat, menandakan bahwa ada beberapa gugus Si-OH yang berikatan dengan biomassa daun enceng gondok.

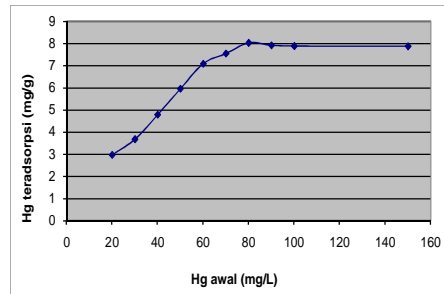


**Gambar 4. Struktur Dugaan Interaksi Matriks Polisilikat dengan Biomassa Daun Enceng Gondok Hasil Percobaan**

Interaksi antara matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok diperkirakan terjadi antara situs aktif Si-OH dengan gugus  $\text{NH}_2$  dan gugus  $\text{COOH}$  pada asam amino. Dari dua interaksi yang terjadi antara matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok, diduga yang dominan adalah peristiwa terjebaknya biomassa daun enceng gondok pada matriks polisilikat, karena terjadinya ikatan antara Si-OH dengan gugus  $\text{NH}_2$  dan gugus  $\text{COOH}$  sangat kecil.

### Penentuan Kapasitas Adsorpsi Merkuri(II)

Kapasitas adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat dapat ditunjukkan dengan jumlah maksimum merkuri(II) teradsorpsi per berat biomassa terhadap konsentrasi awal.



**Gambar 5. Grafik Penentuan Kapasitas Adsorpsi Merkuri(II) dengan Variasi Konsentrasi**

Pola isothermis adsorpsi pada Gambar 5 menunjukkan bahwa kenaikan jumlah merkuri(II) yang teradsorpsi per gram adsorben berbanding lurus dengan konsentrasi merkuri awal yang diinteraksikan pada biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat, pada daerah konsentrasi 20-80 mg/L. Adsorpsi pada konsentrasi dibawah 80 mg/L menunjukkan peningkatan jumlah merkuri(II) yang teradsorpsi.

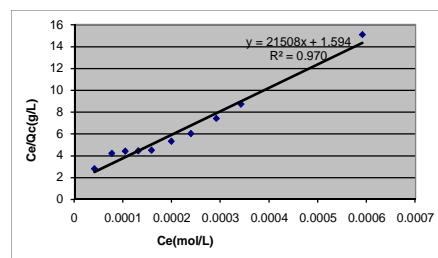
Pada konsentrasi di atas 80 mg/L menunjukkan grafik yang cenderung berbentuk lurus atau konstan. Hal ini dikarenakan telah terjadi keadaan keseimbangan. Perpindahan adsorbat dari larutan ke permukaan adsorben terjadi terus menerus sampai terjadi suatu keseimbangan. Pada keadaan keseimbangan tampaknya sudah tidak terjadi lagi adsorpsi lanjutan. Secara mikroskopis laju adsorpsi sama dengan laju desorpsi.

Kapasitas adsorpsi diperoleh pada konsentrasi 80 mg/L dengan jumlah merkuri(II) teradsorpsi sebesar 8,019 mg merkuri(II) per gram atau  $4,09 \times 10^{-5}$  mol/g biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat, nilai ini mendekati kapasitas adsorpsi dari persamaan isothermis Langmuir sebesar  $4,6469 \times 10^{-5}$  mol/g.

### **Isothermis Adsorpsi Merkuri(II) oleh Biomassa Daun Enceng Gondok yang Diimmobilisasi Pada Matriks Polisilikat.**

Isothermis adsorpsi menggambarkan hubungan antara jumlah zat teradsorpsi dalam sejumlah tertentu berat adsorben dalam suatu keseimbangan. Penentuan jenis isothermis adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat, menggunakan model duga persamaan linier isothermis adsorpsi Langmuir dan persamaan isothermis Freundlich.

Grafik persamaan isothermis Langmuir ditunjukkan pada Gambar 6.



**Gambar 6. Grafik Persamaan Isothermis Adsorpsi Langmuir  $Hg^{2+}$  teradsorpsi pada Biomassa Enceng gondok yang terimobilisasi pada matiks polisilikat.**



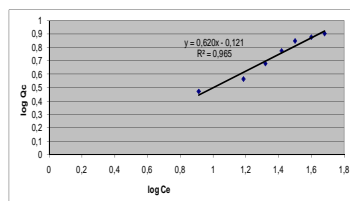
**Tabel 1. Parameter Isotermis Adsorpsi Langmuir**

Parameter isotermis adsorpsi Langmuir			
$X_m$ (mol/g)	K (L/mol)	E (kJ/mol)	$R^2$
0,000046494	11334,796	23,28585	0,970

Berdasarkan Tabel 1, besarnya energi adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat sebesar 23,28585 kJ/mol. Hal ini menjelaskan bahwa adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat melibatkan proses kemisorpsi.

Asumsi yang digunakan pada model isotermis adsorpsi Langmuir menganggap bahwa adsorpsi terjadi secara monolayer, dengan situs adsorpsi homogen, artinya tidak terdapat variasi energi adsorpsi dari situs-situsnya. Tetapi sesungguhnya hal ini bertentangan dengan fakta penelitian bahwa situs-adsorpsi pada biomassa daun enceng gondok meliputi banyak jenis interaksi (Al-Ayubi,2007). Oleh karena itu dicoba dilakukan cross cek terhadap model isotermis adsorpsi Freundlich, untuk menjelaskan fenomena ini. Model isotermis adsorpsi Freundlich mengasumsikan bahwa situs adsorpsi adalah heterogen, sehingga dimungkinkan ada lebih dari satu jenis interaksi dengan energi interaksi yang berbeda-beda.

Hubungan  $\log Q_e$  dan  $\log Q_c$  dari persamaan Freundlich ditunjukkan pada Gambar 7.

**Gambar 7. Grafik Persamaan Isotermis Adsorpsi Freundlich****Tabel 2. Parameter Isotermis Adsorpsi Freundlich**

Parameter isotermis adsorpsi Freundlich		
1/n (L/mol)	K (mol/g)	$R^2$
0,620	0,7568	0,965

Model isotermis adsorpsi diujikan pada data adsorpsi sejak awal proses adsorpsi berlangsung sampai awal terjadinya keadaan keseimbangan. Dari nilai koefisien determinasi sebesar 0,965 di atas menunjukkan sedikit saja perbedaan dengan jika proses adsorpsi diujikan pada model isotermis adsorpsi Langmuir dengan nilai koefisien determinasi sebesar 0,970. Hal ini menunjukkan bahwa proses adsorpsi juga memenuhi asumsi model isotermis adsorpsi Freundlich, yaitu bahwa situs aktif bersifat heterogen. Hal ini sesuai dengan fakta bahwa variasi pH menunjukkan aktivitas adsorpsi yang berbeda, sehingga diduga situs aktif

yang terlibat dalam adsorpsi oleh biomassa enceng gondok melibatkan banyak jenis interaksi (Al-Ayubi, 2007). Akan tetapi nilai kapasitas adsorpsi menurut model isoterms Freundlich sebesar  $0,7568 \text{ mol/g}$  jauh lebih besar dari nilainya secara faktual.

Jadi secara kuantitatif proses adsorpsi  $\text{Hg}^{2+}$  pada biomassa enceng gondok yang terimobilisasi pada matriks polisilikat dapat dijelaskan oleh model isoterms adsorpsi Langmuir. Adsorpsi terjadi secara monolayer, jenis interaksinya adalah interaksi kimia dengan energi interaksi rerata sebesar  $23,28585 \text{ kJ/mol}$ , akan tetapi situs aktifnya merupakan jenis situs aktif heterogen, yang masing-masing memiliki jenis interaksi dan energi interaksi yang berbeda. Nilai kapasitas adsorpsi adalah sebesar  $4,6469 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$ , dan konstanta keseimbangan adsorpsi (K) sebesar  $11334,796 \text{ L/mol}$ .

Pada penelitian sebelumnya tentang studi keseimbangan adsorpsi merkuri(II) pada biomassa daun enceng gondok (Al-ayubi, 2007) diperoleh kapasitas adsorpsi optimum pada konsentrasi  $80 \text{ mg/L}$  dengan jumlah merkuri(II) teradsorpsi sebesar  $9.497 \text{ mg}$  per gram biomassa daun enceng gondok atau  $4,806 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$ . Sedangkan pada penelitian tentang adsorpsi merkuri menggunakan biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat kali ini, diperoleh kapasitas adsorpsi optimum pada konsentrasi  $80 \text{ mg/L}$  dengan jumlah merkuri(II) teradsorpsi sebesar  $8,019 \text{ mg}$  merkuri per gram biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat atau  $4,6469 \times 10^{-5} \text{ mol/g}$ . Pada penjelasan ini dapat diketahui bahwa adsorpsi merkuri(II) menggunakan biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat mengalami penurunan. Sesungguhnya polisilikat sendiri memiliki kemampuan untuk mengadsorpsi kation logam akibat adanya gugus OH pada permukaannya. Penurunan kapasitas adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok yang diimmobilisasi pada matriks polisilikat, dimungkinkan karena adanya pengurangan jumlah situs aktif enceng gondok. Hal ini diduga dikarenakan ada beberapa situs aktif enceng gondok yang berikatan dengan matriks polisilikat atau beberapa situs aktif enceng gondok terhalangi secara sterik oleh matriks, sehingga gugus aktif tradisional enceng gondok digantikan oleh gugus aktif matriks polisilikat.

Selain itu, energi adsorpsi pada hasil penelitian sebelumnya (al-Ayubi, 2007) adsorpsi merkuri(II) pada biomassa daun enceng gondok sebesar  $25,46079 \text{ kJ/mol}$  dan pada penelitian ini didapatkan energi sebesar  $23,28585 \text{ kJ/mol}$ , maka energi yang di dapat dari keduanya tidak berbeda. Kedua energi ini sama-sama merupakan besaran energi untuk ikatan kimia atau merupakan kemisorpsi. Dapat disimpulkan bahwa immobilisasi biomassa pada matriks polisilikat tidak mempengaruhi kekuatan interaksi antara ion logam merkuri(II) dengan biomassa. Situs-situs aktif pada biomassa masih bersifat seperti dengan keadaan sebelum diimmobilisasi.

## KESIMPULAN

1. Interaksi antara matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok terdapat dua kemungkinan,
  - a. Biomassa daun enceng gondok terjebak dalam matriks polisilikat, hal ini didasarkan dengan hilangnya serapan pada bilangan gelombang  $2346,24 \text{ cm}^{-1}$ ,  $2166,88 \text{ cm}^{-1}$ , dan  $1890.11 \text{ cm}^{-1}$  yang menunjukkan pita atmosfer dari karbon dioksida (Rongga udara) akibat terisi oleh biomassa.
  - b. Interaksi antara matriks polisilikat dengan biomassa daun enceng gondok diperkirakan terjadi antara situs aktif Si-OH dengan gugus  $\text{NH}_2$  dan gugus COOH pada asam amino. Hal ini didasarkan dengan hilangnya spektra serapan Si-OH pada bilangan gelombang  $3601,82 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3503,45 \text{ cm}^{-1}$ ,  $3410,68 \text{ cm}^{-1}$ .
2. Adsorpsi merkuri(II) oleh biomassa daun enceng gondok mengikuti bentuk isoterms adsorpsi Langmuir tetapi dengan jenis situs aktif heterogen, dengan kapasitas adsorpsi

( $X_m$ )  $4,6494 \times 10^{-5}$  mol/gr, energi adsorpsi rata-rata ( $E_{ads}$ ) 23,28585 kJ/mol dan konstanta adsorpsi (K) 11334,796 mol/L.

## DAFTAR PUSTAKA

- Al-ayubi, M. Chalid, 2007, *Studi Keseimbangan Adsorpsi Merkuri(II) pada Biomassa Daun Enceng Gondok (Eichhornia crassipes)*, Skripsi UIN Malang; Malang.
- Arisandi, 2004, *Standar Kualitas Air*, [air.bappenas.go.id/modules/doc/pdf\\_download.php?prm\\_download\\_id=627&sbfb=9&prm\\_download\\_table=2](http://air.bappenas.go.id/modules/doc/pdf_download.php?prm_download_id=627&sbfb=9&prm_download_table=2), diakses tanggal 30 Juni 2007
- Budiono, A., 2003, *Pengaruh Pencemaran Merkuri Terhadap Biota Air*, Institut Pertanian Bogor, [www.rr.ualberta.ca/Research/Land\\_Recl\\_Remed\\_Restor/index.asp](http://www.rr.ualberta.ca/Research/Land_Recl_Remed_Restor/index.asp), diakses tanggal 30 Juni 2007
- Hernowo S., Sipon muladi, 1999, *Kajian Eceng Gondok Sebagai Bahan Baku Industri dan Penyelamatan Lingkungan Hidup di Daerah Perairan*. Fakultas Kehutanan Mulawarman, Samarinda.
- Gardea-Torresdey, J.L., J.H. Gonzalez, K.J. Tiemann, O. Rodriguez, and G. Gamez, 1998, "Phytofiltration of Hazardous Cadmium, Chromium, Lead, and Zinc by Biomass of *Mrdicago sativa* (Alfalfa)", *J. of Hazardous Materials*, 57, pp. 29-39.